

恩诺沙星、氟苯尼考和泰万菌素在鸡蛋中 残留消除规律研究

张航俊¹, 周芷锦¹, 侯 轩¹, 周 炜^{1*}, 杨 华², 李 俊³,
陈 勇¹, 陈 洁¹, 唐 标²

(1. 浙江省动物疫病预防控制中心, 杭州 311119; 2. 浙江省农业科学院农产品质量安全与营养研究所, 杭州 310021;
3. 中国农业科学院饲料研究所, 北京 100081)

摘 要: **目的** 评估恩诺沙星、氟苯尼考和泰万菌素在鸡蛋中的残留消除规律。**方法** 将80羽高产海兰褐蛋鸡随机等分成4组, 对照组饲喂基础日粮, 恩诺沙星组、氟苯尼考组和泰万菌素组分别经混饲给予相应药物, 每日1次, 连续给药5 d, 停药19 d, 检测各枚鸡蛋中相应药物及其主要代谢产物的残留量。**结果** 恩诺沙星及其主要代谢产物环丙沙星与氟苯尼考及其主要代谢产物氟苯尼考胺可迅速残留于鸡蛋中, 残留物分别以恩诺沙星原型和氟苯尼考原型为主, 且其残留蓄积期都超过19 d。泰万菌素及其主要代谢产物3-乙酰氨基泰万菌素在鸡蛋中的残留总量低于最大允许残留限量, 且平均残留蓄积期为7 d, 3-乙酰氨基泰万菌素占总残留量的50%以上。**结论** 恩诺沙星和氟苯尼考在海兰褐蛋鸡鸡蛋中残留消除周期超过19 d, 在对后备蛋鸡、肉蛋兼用鸡给药时需严格控制用法用量。在适用情况下, 可优先选择平均残留消除周期相对较短的泰万菌素。

关键词: 恩诺沙星; 氟苯尼考; 泰万菌素; 鸡蛋; 残留消除规律

Study on the elimination regularity of enrofloxacin, florfenicol and acetylisovaleryl tylosin residues in eggs

ZHANG Hang-Jun¹, ZHOU Zhi-Jin¹, HOU Xuan¹, ZHOU Wei^{1*}, YANG Hua², LI Jun³,
CHEN Yong¹, CHEN Jie¹, TANG Biao²

(1. Zhejiang Provincial Center for Animal Disease Prevention and Control, Hangzhou 311119, China; 2. Institute of Agro-products Safety and Nutrition, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China;
3. Feed Research Institute Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the elimination regularity of enrofloxacin, florfenicol and acetylisovaleryl tylosin residues in eggs. **Methods** Eighty high-yield Hailanhe laying hens were randomly divided into 4 groups, the control group was fed basic diet, the enrofloxacin group, the florfenicol group and the tywanmycin group were given corresponding drugs once a day for 5 days, and 19 days withdrawal period was followed, the residual amount of the corresponding drugs and their main metabolites in each egg were detected. **Results** Enrofloxacin and its main

基金项目: 浙江省重点研发计划项目(2018C02024、2019C02G4011294)、浙江省农业重大技术协同推广项目(2019XTTGXM04)

Fund: Supported by the Key Research and Development Projects in Zhejiang Province (2018C02024, 2019C02G4011294), and the Major Agricultural Technology Collaborative Extension Projects in Zhejiang Province (2019XTTGXM04)

***通信作者:** 周炜, 博士, 高级兽医师, 主要研究方向为畜产品质量安全检测、人畜共患病防控及动物源细菌耐药性研究。E-mail: zhouwei0732@sohu.com

***Corresponding author:** ZHOU Wei, Ph.D, Senior Veterinarian, Zhejiang Provincial Center for Animal Disease Prevention and Control, Hangzhou 311119, China. E-mail: zhouwei0732@sohu.com

metabolite ciprofloxacin and flufenicol and its main metabolite florfenicol amine could be quickly remained in eggs, the enrofloxacin prototype and florfenicol prototype were the mainly residue, the residue accumulation periods were more than 19 days. The total amount of acetylisovaleryl tylosin and its main metabolite 3-acetamidethyne in eggs were lower than the maximum allowable residue limits, and the average residual accumulation period was 7 days, and 3-acetamidoxin accounted for more than 50% of the total residues. **Conclusion** The residual elimination periods of enrofloxacin and flufenicol are both more than 19 days in Hailanhe eggs, the usage and dosage should strictly controlled when they are treated for the reserve layer and chickens used for both meat and eggs. If it is applicable, the acetylisovaleryl tylosin, which with relatively short average residual elimination period, can be selected preferentially.

KEY WORDS: enrofloxacin; florfenicol; acetylisovaleryl tylosin; egg; elimination regularity of residues

0 引言

恩诺沙星是动物专用的第三代喹诺酮类抗菌药,在鸡伤寒、鸡支原体和鸡白痢等疾病治疗方面有很好的疗效^[1]。氟苯尼考是动物专用的新一代酰胺醇类抗菌药,对革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌及支原体均有较好的抑制作用^[2-3]。泰万菌素,又称乙酰异戊酰泰乐菌素,是新一代大环内酯类抗菌药,对大多数革兰氏阳性菌和支原体引发的疾病有较好的疗效^[4]。

由于恩诺沙星和氟苯尼考在兽医临床中具有良好的预防和治疗作用且价格低廉,同时因鸡的味觉乳头较少^[5],对恩诺沙星的苦味不敏感,因而这 2 种药物被广泛应用于家禽养殖业,但禁止用于产蛋期蛋鸡。然而,近年来鸡蛋产品中检出恩诺沙星、氟苯尼考及其主要代谢产物的案例时有发生。除 2 种抗菌药物的不合理使用外,肉蛋兼用鸡、后备蛋鸡使用等同样是导致残留超标的重要原因。泰万菌素因对革兰氏阳性菌、支原体感染有良好的防治作用,欧盟已允许用于蛋鸡相应感染的治疗,并于 2016 年制订了其中鸡蛋中的残留限量^[6]。尽管我国尚未批准泰万菌素在蛋鸡中使用,但新修订的 GB 31650—2019《食品安全国家标准 食品中兽药最大残留限量》中新增加了家禽脂肪、肝及禽蛋中的允许最大残留限量。本研究拟通过混饲给药的方式,对恩诺沙星、氟苯尼考和泰万菌素在鸡蛋中的残留蓄积规律进行研究,以期为此 3 种药物在兽医临床中的合理使用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 仪器与材料

1290 Infinity 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司); QTRAP 5500 三重四极杆质谱仪(美国 ABSCIEX 公司); SL502 N 电子天平(精度百分之一,上海民桥精密科学仪器有限公司); XS205 电子天平(精度十万分之一,瑞士 Mettler Toledo 公司); N-EVAP 氮吹仪(美国 Organomation 公司);

3-18k 冷冻离心机(美国 Sigma 公司); ZD-8800 振荡器(中国华立达公司)。

恩诺沙星(纯度 99.8%)、环丙沙星(纯度 99.9%)、氟苯尼考(纯度 99.5%)、氟苯尼考胺(纯度 99.3%)、D5-恩诺沙星(纯度 99.5%)、D8-环丙沙星(纯度 91.0%)(德国 Dr. Ehrenstorfer 公司);泰万菌素(纯度 99.0%)、3-乙酰胺基泰万菌素对照品(纯度 98.5%)(浙江伊科拜克公司)。甲醇、甲酸、乙腈(色谱纯,德国默克公司);乙腈(分析纯,上海凌峰化学试剂有限公司)。

10%恩诺沙星可溶性粉、10%氟苯尼考粉(浙江道格凯特公司);25%酒石酸泰万菌素可溶性粉(浙江伊科拜克公司)。3 种药物经法定方法检验,符合规定,未检出标签外成分。

饲喂动物用基础日粮(浙江建德市洪都饲料有限公司)。不含药物添加剂,未检出标签外成分。

1.2 实验动物与实验方案

80 羽高产蛋鸡(海兰褐,产蛋率 90%以上),随机等分成 4 组,设对照组、恩诺沙星组、氟苯尼考组和泰万菌素组。每只鸡 1 个独立鸡笼,每组 1 排鸡笼。分组完成后,所有蛋鸡饲喂基础日粮,自由采食和饮水 1 周,以消除应激反应。

给药期,对照组继续饲喂基础日粮,各实验组每日上午 8 时左右,将 1000 g 按表 1 剂量添加有药物的饲料平均分给每只鸡,待实验组蛋鸡加药饲料全部吃完后,换成基础日粮,连续给药 5 d。休药期,每组饲喂基础日粮,自由采食和饮水。

1.3 样品采集与保存

自给药当天至停药后 19 d,每天收集各实验组和空白对照组鸡蛋,并按组别、鸡编号和日期标记,4℃冷库保存。

1.4 样品检测

各枚鸡蛋去壳、均质后,作为单一试样。恩诺沙星组试样依据 GB/T 21312—2007《动物源性食品中 14 种喹诺酮

药物残留检测方法 液相色谱-质谱/质谱法》检测恩诺沙星和环丙沙星; 氟苯尼考组试样依据《禽肉和禽蛋中酰胺醇类药物及代谢物残留量的测定 液相色谱-串联质谱法 操作细则》检测氟苯尼考和氟苯尼考胺; 泰万菌素组试样依据《Eco Animal Health Reference No. RES. UK. 060091. Charles River Laboratories Study Number 284084》^[6]检测泰万菌素及 3-乙酰氨基泰万菌素, 对照组试样依据上述方法分别检测恩诺沙星、氟苯尼考、泰万菌素及其相应代谢标识物。

2 结果与分析

2.1 恩诺沙星及其主要代谢物残留消除规律

如图 1A 所示, 在恩诺沙星给药首日, 即在鸡蛋中检出恩诺沙星及其主要代谢物(环丙沙星), 两者残留浓度均值分别为 591.67、11.11 $\mu\text{g/kg}$, 并于第 2 d 分别迅速升高至 1053.87、53.75 $\mu\text{g/kg}$ 。持续给药的第 2~5 d 中, 鸡蛋中恩诺沙星和环丙沙星残留量增加趋势放缓, 恩诺沙星残留量升高斜率为 31.17, 均值为 1089.97 $\mu\text{g/kg}$; 环丙沙星残留量升高斜率为 12.58, 均值为 69.19 $\mu\text{g/kg}$ 。

从图 1B 中不难看出, 在停止给药的第 1~8 d 内, 鸡蛋

中恩诺沙星和环丙沙星残留量迅速下降: 恩诺沙星残留量下降斜率为 -99.17; 环丙沙星残留量下降斜率为 -7.29, 在第 7 d 时残留均值已降至 4.34 $\mu\text{g/kg}$, 第 8 d 时已低于方法检出限(2.5 $\mu\text{g/kg}$)。但在停止给药的第 9~19 d 内, 鸡蛋中恩诺沙星残留量下降开始不明显, 在第 15 d 前残留均值高于 14.10 $\mu\text{g/kg}$, 第 19 d 残留均值仍为 5.44 $\mu\text{g/kg}$, 远高于方法检出限(1.0 $\mu\text{g/kg}$)。

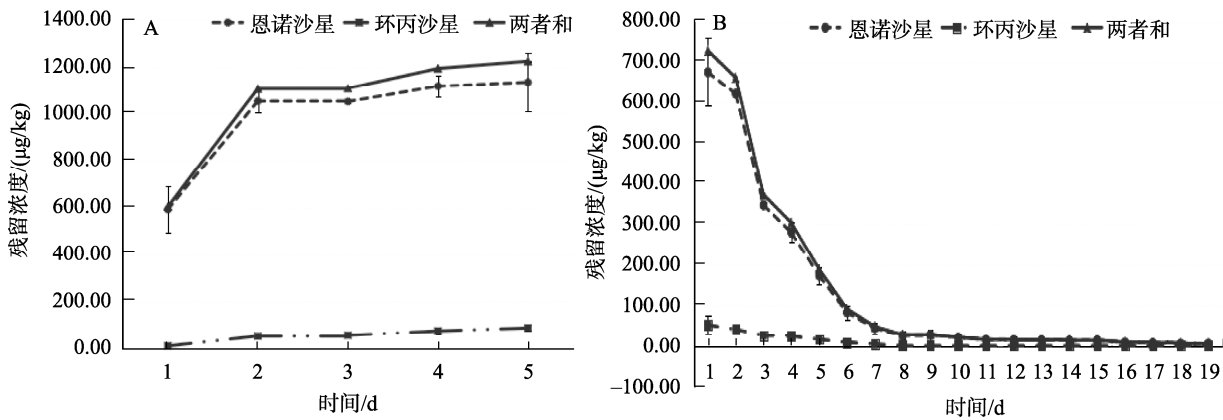
在整个实验期中, 恩诺沙星残留量占恩诺沙星和环丙沙星残留总量的 93.4%, 给药期和休药期这一比值分别为 94.9%和 92.4%。此外, 对照组所有鸡蛋中恩诺沙星和环丙沙星残留量均低于其方法相应检出限。

2.2 氟苯尼考及其主要代谢物残留消除规律

图 2A 显示, 氟苯尼考及其主要代谢产物(氟苯尼考胺)在给药当日即有残留检出, 两者检出浓度均值分别为 97.91 和 4.90 $\mu\text{g/kg}$ 。与恩诺沙星的残留消除规律相仿, 给药期内两者在第 2 d 升高至约 2 倍后, 整体呈现升高趋势, 但残留量增加并不显著。氟苯尼考残留均值升高斜率为 20.20, 第 5 d 出现峰值(206.23 $\mu\text{g/kg}$); 氟苯尼考胺残留均值升高斜率为 5.32, 第 3 d 出现峰值(42.49 $\mu\text{g/kg}$)。

表 1 各实验组给药剂量与方法
Table 1 Dosage and method of each experimental group

组别	药物名称	鸡的法定用法用量	基础日粮中添加量/(g/kg) (折算成药物成品重量)
恩诺沙星组	10%恩诺沙星可溶性粉	混饮, 以恩诺沙星计, 25~75 mg/L 水, 一日 2 次; 连用 3~5 d; 肉禽休药 8 d、产蛋鸡禁用 ^[7] 。	4.2
氟苯尼考组	10%氟苯尼考粉	内服, 以氟苯尼考计, 20~30 mg/kg 体重; 一日 2 次; 连用 3~5 d; 肉禽休药 5 d、产蛋期禁用 ^[7] 。	12.0
泰万菌素组	25%酒石酸泰万菌素可溶性粉	混饮, 以泰万菌素计, 200~300 mg/L 水; 连用 3~5 d; 肉禽休药 5 d、产蛋期禁用 ^[8] 。	2.4



注: A 为给药期; B 为休药期, 下同。

图 1 鸡蛋中恩诺沙星及其主要代谢产物残留消除规律(n=20)

Fig.1 Elimination regularity of residues of enrofloxacin and its main metabolites in eggs (n=20)

在休药的第1~7 d内(图2B), 氟苯尼考和氟苯尼考胺残留量迅速下降: 氟苯尼考残留量以每日约20 $\mu\text{g/kg}$ 的速度下降, 第7 d时残留均值为8.65 $\mu\text{g/kg}$; 氟苯尼考胺残留量则振荡下降, 第7 d时残留均值为1.82 $\mu\text{g/kg}$ 。第8 d后氟苯尼考胺残留量均值低于方法检出限(0.5 $\mu\text{g/kg}$), 但氟苯尼考残留量下降不明显, 直至第19 d内, 其均值在0.44~1.67 $\mu\text{g/kg}$ 区间波动(方法检出限同样为0.5 $\mu\text{g/kg}$, $k=2$ 时的扩展不确定度为0.13 $\mu\text{g/kg}$), 第19 d时的残留均值仍为0.92 $\mu\text{g/kg}$, 高于方法检出限。

在整个实验期中, 氟苯尼考残留量占氟苯尼考和氟苯尼考胺残留总量的84.6%, 给药期和休药期这一比值无明显差异, 分别为87.6%和82.5%。同时, 对照组所有鸡蛋中氟苯尼考和氟苯尼考胺残留量均低于其方法相应检出限。

2.3 泰万菌素及其主要代谢物残留消除规律

如图3A所示, 在整个给药期, 泰万菌素及其主要代谢产物(3-乙酰胺基泰万菌素)在鸡蛋中的残留量持续升高。泰万菌素残留均值在给药当日低于方法检测限(1.25 $\mu\text{g/kg}$), 第5 d时达到峰值11.86 $\mu\text{g/kg}$, 升高斜率为3.03; 3-乙酰胺基泰万菌素残留均值从给药第1 d的3.57 $\mu\text{g/kg}$, 以3.50的斜率升高, 于第5 d达到峰值(19.79 $\mu\text{g/kg}$)。

从图3B中可以看出, 停止给药后, 鸡蛋中泰万菌素及3-乙酰胺基泰万菌素残留量迅速下降, 泰万菌素残留均值于第6 d降至方法检测限以下, 3-乙酰胺基泰万菌素残留均值于第7 d低于方法检测限(1.25 $\mu\text{g/kg}$)。

除给药首日和停止给药后第6 d外(泰万菌素残留均值低于方法检出限), 实验期内, 3-乙酰胺基泰万菌素占泰万菌素和3-乙酰胺基泰万菌素残留总量的60.0%, 给药期这一比值为69.1%, 休药期则为52.8%。在整个实验期, 各

枚蛋中泰万菌素和3-乙酰胺基泰万菌素残留总量均低于GB 31650—2019《食品安全国家标准 食品中兽药最大残留限量》中允许的最大残留限量(200 $\mu\text{g/kg}$), 对照组所有鸡蛋中泰万菌素和3-乙酰胺基泰万菌素残留量均低于其方法相应检出限。

3 结论与讨论

在本实验条件下, 恩诺沙星可溶性粉经混饲给药后, 即在鸡蛋中检出恩诺沙星及其主要代谢产物环丙沙星。现有研究^[9-11]结果表明, 恩诺沙星可在畜禽体内代谢产生环丙沙星。但由于恩诺沙星及其代谢产物环丙沙星在鸡蛋中的残留蓄积规律研究鲜有报道, 因而恩诺沙星经混饲给药后, 鸡蛋中恩诺沙星和环丙沙星哪种物质残留占主导值得研究。本研究发现: 鸡蛋中恩诺沙星原型是残留的主要物质, 占总残留量的90%以上, 这与郑育基等^[12]的研究结果相同。郑育基等按40 mg/kg体重剂量, 给1日龄黄羽肉鸡单次皮下注射恩诺沙星溶液时, 36 h内的血浆中均有恩诺沙星检出, 1~24 h内的血浆中均有环丙沙星检出, 其中恩诺沙星浓度占两者总和的94%~97%之间, 这也为实际检测中区分因使用环丙沙星制剂导致的残留提供了判定依据。就休药期的研究而言, 唐敏敏等^[13]研究了连续5 d以100 mg/L水剂量给药条件下, 恩诺沙星在雪山鸡(地方肉鸡品种)代谢规律, 发现其在皮脂组织中的休药期为15 d。余军军等^[14]以75 mg/L水的剂量连续5 d给白羽乌骨鸡内服恩诺沙星, 至106 d时乌骨鸡皮脂中恩诺沙星和环丙沙星残留量仍达49.22 $\mu\text{g/kg}$ 。在本研究条件下, 休药第19 d时海兰褐鸡蛋中恩诺沙星残留均值仍为5.44 $\mu\text{g/kg}$, 表明在以4.2 g/kg饲料剂量连续给药5 d后, 海兰褐蛋鸡的休药期至少应大于20 d。

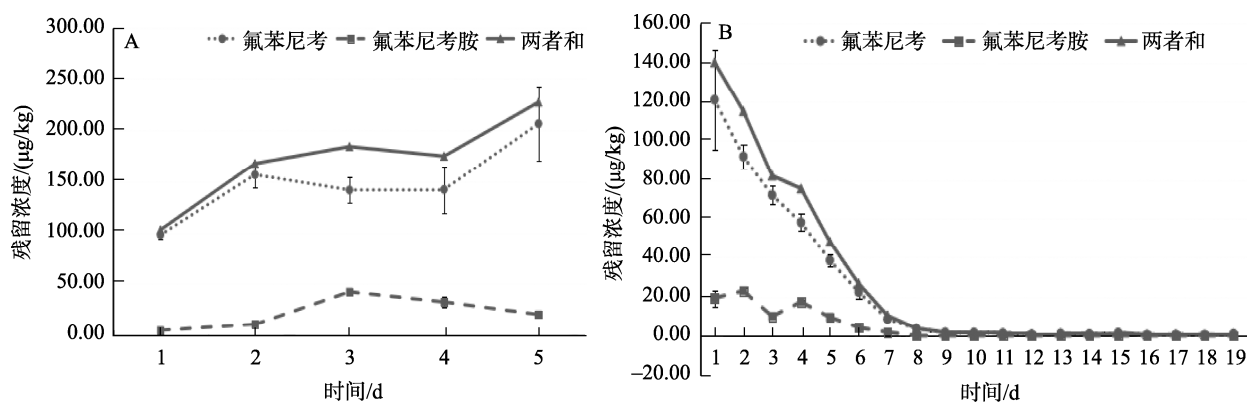


图2 鸡蛋中氟苯尼考及其主要代谢产物残留消除规律($n=20$)
Fig.2 Elimination regularity of residues of florfenicol and its mainly metabolite in eggs ($n=20$)

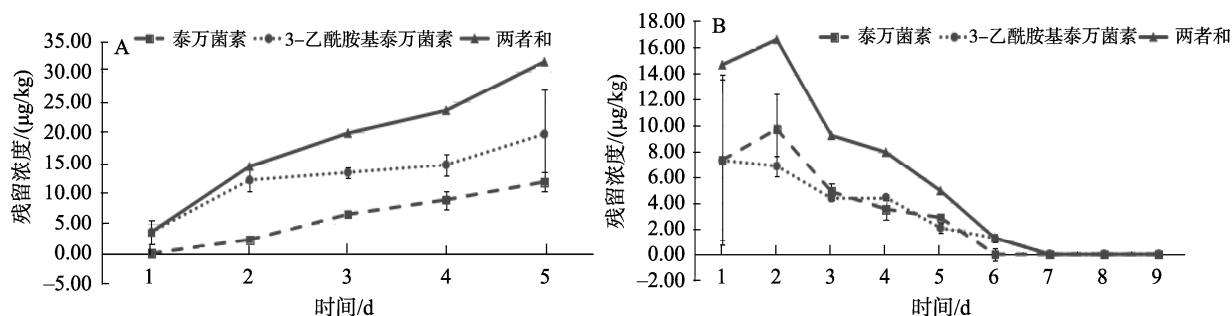


图 3 鸡蛋中泰万菌素及其主要代谢产物残留消除规律(n=20)

Fig.3 Elimination regularity of residues of acetylisovaleryl tylosin and its mainly metabolite in eggs (n=20)

本研究发现, 氟苯尼考粉经混饲给药后, 即在鸡蛋中检出氟苯尼考及其主要代谢产物-氟苯尼考胺, 这与此前的研究结果^[15-17]相同。张静等^[18]给 42 周龄海蓝褐鸡蛋以 15 mg/kg 和 30 mg/kg 剂量混饲氟苯尼考, 连续给药 5 d。结果显示, 在给药期内, 氟苯尼考占氟苯尼考和氟苯尼考胺残留总量的 87.9%~94.9%, 在休药期内, 氟苯尼考占两者残留总量的 33.7%~87.3%。谢恺舟等^[19]连续 5 d, 每日 1 次按体质量以 25.0、50.0 和 100 mg/kg 剂量分别给京海黄鸡内服氟苯尼考, 结果发现, 氟苯尼考占氟苯尼考和氟苯尼考胺残留总量的 70.5%~77.5%, 这与本研究结果相仿, 在鸡蛋中氟苯尼考原型是主要残留物质。就休药期而言, 张静等^[18]的研究条件下, 在休药 18 d 后蛋黄中氟苯尼考和氟苯尼考胺残留量才同时低于检出限(2.0 μg/kg); 谢恺舟等^[19]的研究中, 100 mg/kg 剂量组下, 氟苯尼考胺和氟苯尼考原型的残留量分别在休药后第 7 d 和第 9 d 低于方法检出限(依次为 5.0 μg/kg 和 15.0 μg/kg); 而本研究条件下, 氟苯尼考在鸡蛋中的残留蓄积期超过 19 d。这些差异, 可能与给药方式和剂量、蛋鸡品种和日龄、药物制剂类型等因素有关。目前, 国内外对泰万菌素代谢的研究鲜有报道。刘丽娜^[20]对蛋鸡体内泰万菌素的药物动力进行了研究, 发现泰万菌素可被机体迅速吸收, 口服后血液中泰万菌素在 0.75 h 即可达到峰值 0.24 μg/mL, 且广泛分布于蛋鸡各组织中。但受当时条件限制, 作者并未将 3-乙酰胺基泰万菌素纳入研究范围。在本实验条件下: 泰万菌素可在海兰褐品系蛋鸡体内代谢产生 3-乙酰胺基泰万菌素, 且在鸡蛋中 3-乙酰胺基泰万菌素占总残留量的 50%以上, 但在整个实验过程中, 泰万菌素和 3-乙酰胺基泰万菌素残留总量低于最大允许残留限量。就休药期而言, 泰万菌素和 3-乙酰胺基泰万菌素在鸡蛋中的蓄积周期相对较短, 在停止给药后第 7 d 时, 2 种残留标识物均值低于方法检出限。

综上所述, 不同给药方式、不同动物品种等因素均可使药物的代谢消除周期改变。恩诺沙星和氟苯尼考制剂不得用于产蛋鸡, 但其原型药物在海兰褐蛋鸡的鸡蛋中残留清除周期较长, 因而在对后备蛋鸡或者肉蛋两用鸡使用这

些药物时需严格控制用法、用量, 并适当延长休药期或弃蛋期。泰万菌素作为一种新型低残留抗菌药物, 在鸡蛋中残留蓄积周期较短、残留蓄积量远低于最大残留限量, 可优先选择使用。

参考文献

- [1] 孙红洋, 白玉惠, 尹晖, 等. 高效液相色谱-串联质谱法检测鸡蛋和鸡组织中恩诺沙星、环丙沙星残留的研究[J]. 中国家禽, 2020, 42(7): 54-58.
SUN HY, BAI YH, YIN H, *et al.* Detection of enrofloxacin and ciprofloxacin residues in eggs and chicken tissues by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. China Poul, 2020, 42(7): 54-58.
- [2] 赵浩军, 杨青梅岭, 张燕, 等. QuEChERS-高效液相色谱-串联质谱法同时测定猪肉中氯霉素、氟苯尼考和五氯酚的残留量[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(12): 4121-4126.
ZHAO HJ, YANG QML, ZHANG Y, *et al.* Simultaneous determination of chloramphenicol, florfenicol and pentachlorophenol in pork by QuEChERS-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(12): 4121-4126.
- [3] VU DH, NGUYEN TH, NGUYEN HT, *et al.* Simultaneous determination of chloramphenicol, dexamethasone and naphazoline in ternary and quaternary mixtures by RPHPLC, derivative and wavelet transforms of UV ratio spectra [J]. Spectrochim Acta Part A, 2015, 139(3): 20-27.
- [4] GUEDES RMC, FRANCA SA, MACHADO GS, *et al.* Use of tylosin-medicated feed to control porcine proliferative enteropathy [J]. Vet Record, 2009, 165: 342-345.
- [5] 陈文, 黄艳群, 田伟, 等. 家禽味觉特性与禽用调味剂的使用[J]. 家禽科学, 2006, 1: 48-50.
CHEN W, HUAN YQ, TIAN W, *et al.* Taste characteristics of poultry and the usage of seasoning for poultry [J]. Poul Sci, 2006, 1: 48-50.
- [6] Eco Animal Health Reference No. RES. UK. 060091. Charles River Laboratories Study Number 284084 [EB/OL]. [2016-03-04]. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2016.060.01.0003.01.ENG&toc=OJ:L:2016:060:TOC [2021-05-20].
- [7] 中国兽药典委员会. 中华人民共和国兽药典 兽药使用指南 化学药品卷(2015 版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
Chinese Veterinary Pharmacopoeia Committee. Guidelines for the use of veterinary drugs in veterinary pharmacopoeia of the People's Republic of

- China (2015 edition) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2016.
- [8] 中国兽药典委员会. 兽药质量标准 化学药品卷(2017 年版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017.
- Chinese Veterinary Pharmacopoeia Committee. Quality standard of veterinary drugs (2017 edition) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2017.
- [9] HORSTKOTTER C, JIMENEZ LE, BARRON D. Determination of residues of enrofloxacin and its metabolite ciprofloxacin in chicken muscle by capillary electrophoresis using laser-induced fluorescence detection [J]. Electrophoresis, 2002, 23(17): 3078–3083.
- [10] GUO QJ, HUANG LL, FANG K, *et al.* Population pharmacokinetics of enrofloxacin and its metabolite ciprofloxacin in chicken based on retrospective data, incorporating first-pass metabolism [J]. J Vet Pharmacol Ther, 2009, 33(5): 84–94.
- [11] LAHNER, LESANNA L, PAPICH, *et al.* Population pharmacokinetics of enrofloxacin and its metabolite ciprofloxacin in the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) following intracoelomic and immersion administration [J]. J Zoo Wildlife Med, 2016, 47(1): 175–186.
- [12] 郑育基, 全家兴, 霍皓远, 等. 恩诺沙星及其代谢物在1日龄鸡体内的药动学研究[J]. 动物医学进展, 2019, 40(11): 59–62.
- ZHENG YJ, QUAN JX, HUO HY, *et al.* Pharmacokinetics of enrofloxacin and ciprofloxacin in one-day-old chicks [J]. Prog Vet Med, 2019, 40(11): 59–62.
- [13] 唐敏敏, 朱磊, 栾枫婷, 等. 恩诺沙星在雪山鸡不同组织中残留消除规律研究[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(21): 215–219.
- TANG MM, ZHU L, LUAN FT, *et al.* Study on residue elimination of enrofloxacin in different tissues of Xueshan chicken [J]. Jiangsu Agric Sci, 2020, 48(21): 215–219.
- [14] 余军军, 谢焕龙, 宁军, 等. 恩诺沙星可溶性粉在白羽乌骨鸡组织中残留消除规律研究[J]. 畜牧兽医学报, 2021, 5: 8–9, 12.
- YU JJ, XIE HL, NING J, *et al.* Residue depletion study of enrofloxacin soluble powder in black-bone silky fowl [J]. Anim Vet Sci, 2021, 5: 8–9, 12.
- [15] KAMELIA MO, JIHAN B, AHMED O, *et al.* Poultry as a vector for emerging multidrug resistant *Enterococcus* spp.: First report of vancomycin (van) and the chloramphenicol-florfenicol (cat-fex-cfr) resistance genes from pigeon and duck faeces [J]. Microb Pathogenesis, 2019, 128: 195–205.
- [16] TIKHOMIROV M, POZNIAK B, SMUTKIEWICZ A, *et al.* Pharmacokinetics of florfenicol and thiamphenicol in ducks [J]. J Vet Pharmacol Ther, 2018, 6: 1–5.
- [17] ZHOU DN, LI YC, HUANG LL, *et al.* A reliable and cost-efficient TLC-HPLC method for determining total florfenicol residues in porcine edible tissues [J]. Food Chem, 2020, 303: 12–15.
- [18] 张静, 周倩, 高玉时, 等. 氟苯尼考及其代谢物氟苯尼考胺在鸡蛋中的残留消除规律[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2021, 47(1): 127–134.
- ZHANG J, ZHOU Q, GAO YS, *et al.* Residue depletion laws of florfenicol and its metabolite florfenicol amine in eggs [J]. J Zhejiang Univ (Agric Life Sci Ed), 2021, 47(1): 127–134.
- [19] 谢恺舟, 张小杰, 陈学森, 等. 氟苯尼考及其代谢物氟苯尼考胺在鸡肌肉中的残留消除规律[J]. 畜牧兽医学报, 2012, 43(8): 1298–1305.
- XIE KZ, ZHANG XJ, CHEN XS, *et al.* Florfenicol and its metabolite florfenicol amine residue depletion in chicken muscle [J]. J Anim Husband Vet Med, 2012, 43(8): 1298–1305.
- [20] 刘丽娜. 酒石酸乙酰异戊酰泰乐菌素在蛋鸡体内的药物动力学研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- LIU LN. Pharmacokinetics of acetylisovaleryltylosin tartrate in laying hens [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008.

(责任编辑: 于梦娇 郑丽)

作者简介



张航俊, 兽医师, 主要研究方向为畜产品质量安全、兽药饲料质量检测等技术研究。
E-mail: zhanghj2017@163.com



周 炜, 博士, 高级兽医师, 主要研究方向为畜产品质量安全检测、人畜共患病防控及动物源细菌耐药性研究。
E-mail: zhouwei0732@sohu.com